

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

Suzuki et al  
Filed 9/11/03  
Q75816  
10f2

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月12日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-267188

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-267188 ]

出 願 人

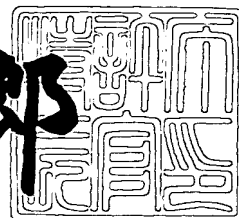
Applicant(s):

日本電気株式会社

2003年 5月20日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3037434

【書類名】 特許願

【整理番号】 34002259

【提出日】 平成14年 9月12日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 43/08

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

    【氏名】 鈴木 哲広

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

    【氏名】 三浦 貞彦

【特許出願人】

    【識別番号】 000004237

    【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100102864

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 工藤 実

【選任した代理人】

    【識別番号】 100099553

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大村 雅生

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 053213

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9715177

【プルーフの要否】 要

【書類名】明細書

【発明の名称】 M R A M メモリセル及び自発磁化反転促進方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、

前記基板の主面側に設けられ、反転可能な自発磁化を有する自由強磁性層と、  
前記基板と実質的に平行な第 1 方向に延設され、前記自発磁化の反転に使用される第 1 書き込み電流が流される第 1 配線  
とを備え、

前記自由強磁性層は、前記第 1 方向に実質的に平行で、且つ、前記基板に実質的に垂直な第 1 対称面に対して実質的に鏡面对称であり、

前記第 1 配線の第 1 中心線は、積極的に、前記第 1 対称面の上に位置しないように配置されている

M R A M メモリセル。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の M R A M メモリセルにおいて、

前記第 1 配線は、前記基板に垂直な方向からみたとき、前記第 1 対称面に垂直な第 2 方向における前記自由強磁性層の端から前記第 2 方向にはみ出して前記自由強磁性層に重ならない部分を有している

M R A M メモリセル。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の M R A M メモリセルにおいて、

前記第 1 配線の前記第 1 中心線と前記第 1 対称面との距離を  $d$ 、前記第 1 対称面に垂直な第 2 方向における前記自由強磁性層の長さを  $L$  とし、オフセット量  $p$  を

$$p = d / L,$$

で定義したとき、

前記  $p$  は、0.1 以上 0.5 以下である

M R A M メモリセル。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の M R A M メモリセルにおいて、

前記第 1 対称面に垂直な第 2 方向における前記第 1 配線の幅は、前記自由強磁性層の前記第 2 方向における長さよりも狭い

MRAMメモリセル。

【請求項5】 請求項4に記載のMRAMメモリセルにおいて、  
前記第1配線の前記幅は、前記自由強磁性層の前記長さの0.3倍以上0.7倍以下である

MRAMメモリセル。

【請求項6】 請求項1～請求項5のいずれか一に記載のMRAMメモリセルにおいて、

前記自発磁化の方向は、前記第2方向に平行である

MRAMメモリセル。

【請求項7】 請求項1～請求項6のいずれか一に記載のMRAMメモリセルにおいて、

更に、前記第1配線に接合され、磁性体で形成された磁性体層とを備えた

MRAMメモリセル。

【請求項8】 請求項1に記載のMRAMメモリセルにおいて、

更に、

前記第2方向に延設され、前記自発磁化の反転に使用される第2書き込み電流が流される第2配線を備え、

前記自由強磁性層は、前記第2方向に実質的に平行で、且つ、前記基板に実質的に垂直な第2対称面に対して実質的に鏡面对称であり、

前記第2配線の第2中心線は、積極的に、前記第2対称面の上に位置しないように配置されている

MRAMメモリセル。

【請求項9】 反転可能な自発磁化を有する自由強磁性層を含み、且つ、前記自発磁化の方向に応じて抵抗が変化する磁気抵抗素子と、

第1方向に延設され、前記磁気抵抗素子に電氣的に接続される第1配線と、

前記第1方向に延設され、前記磁気抵抗素子から電氣的に絶縁され、且つ、前記自発磁化を反転させる書き込み電流が流される第2配線

とを備え、

前記自由強磁性層は、前記第 1 方向に実質的に平行で、且つ、前記基板に実質的に垂直な第 1 対称面に対して実質的に鏡面对称であり、

前記第 2 配線の中心線は、積極的に、前記第 1 対称面の上に位置しないように配置されている

MRAMメモリセル。

【請求項 1 0】 請求項 9 に記載の MRAMメモリセルにおいて、  
更に、前記磁気抵抗素子を被覆する層間絶縁膜を備え、  
前記第 1 配線と前記第 2 配線とは、前記層間絶縁膜の上に形成されている  
MRAMメモリセル。

【請求項 1 1】 基板と、  
前記基板の主面側に設けられ、反転可能な自発磁化を有する自由強磁性層と、  
前記基板と実質的に平行な第 1 方向に延設され、前記自発磁化の反転に使用される第 1 書き込み電流が流される第 1 配線  
とを備え、

前記自由強磁性層は、前記第 1 方向に実質的に平行で、且つ、前記基板に実質的に垂直な第 1 対称面に対して実質的に鏡面对称であり、

前記第 1 書き込み電流が発生する磁場が最も強くなる位置は、積極的に、前記第 1 対称面の上に位置しないように配置されている

MRAMメモリセル。

【請求項 1 2】 基板の主面に実質的に垂直な第 1 対称面に対して実質的に鏡面对称であるように、反転可能な自発磁化を有する自由強磁性層を設けること  
と、

前記自発磁化の反転に使用される書き込み電流が流される配線を、前記基板と前記第 1 対称面とに実質的に平行な方向に延伸するように設けることと、

前記配線の中心線を、積極的に、前記第 1 対称面の上に位置しないように配置すること

とを備えた

自発磁化反転促進方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気ランダムアクセスメモリ（M a g n e t i c R a n d o m A c c e s s M e m o r y : 以下、「MRAM」という。）のメモリセルに関する。本発明は、特に、MRAMのメモリセルにデータを書き込むのに必要な書き込み電流の大きさを低減する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

MRAMは、高速書き込みが可能であり、且つ、大きな書き換え回数を有する不揮発性メモリとして注目を集めている。典型的なMRAMのメモリセルは、図9に示されているように、固定された自発磁化を有する固定強磁性層101と、反転可能な自発磁化を有する自由強磁性層102と、固定強磁性層101と自由強磁性層102との間に介設された非磁性のスペーサ層103とにより構成される磁気抵抗素子104を含む。自由強磁性層102は、その自発磁化の向きが、固定強磁性層層101の自発磁化の向きと平行、又は反平行に向くことが許されるように、反転可能に形成される。

【0003】

メモリセルは、1ビットのデータを、自由強磁性層102の自発磁化の方向として記憶する。メモリセルは、自由強磁性層102の自発磁化と固定強磁性層101の自発磁化とが平行である”平行”状態と、自由強磁性層102の自発磁化と固定強磁性層101の自発磁化とが反平行である”反平行”状態の2つの状態を取り得る。メモリセルは、”平行”状態と、”反平行”状態とのうちの一方を”0”に、他方を”1”に対応付けることにより、1ビットのデータを記憶する。

【0004】

メモリセルからのデータの読み出しは、磁気抵抗効果によるメモリセルの抵抗の変化を検知することによって行われる。固定強磁性層101及び自由強磁性層102の自発磁化の方向は、メモリセルの抵抗に影響を及ぼす。固定強磁性層1

0 1 と自由強磁性層 1 0 2 との自発磁化の向きが平行である場合には、メモリセルの抵抗は、第 1 値  $R$  となり、反平行である場合には、メモリセルの抵抗は、第 2 値  $R + \Delta R$  になる。固定強磁性層 1 0 1 及び自由強磁性層 1 0 2 の自発磁化の方向、即ち、メモリセルに記憶されているデータは、メモリセルの抵抗を検知することにより判別することができる。

## 【 0 0 0 5 】

メモリセルへのデータの書き込みは、メモリセルアレイに配設されるワード線及びビット線に書き込み電流を流し、該書き込み電流により生じる磁場によって自由強磁性層 1 0 2 の自発磁化の方向を反転させることによって行われる。

## 【 0 0 0 6 】

データの書き込みに必要な書き込み電流の低減は、MRAMの消費電力の低減の観点から重要である。書き込み電流を低減するための構造を有するMRAMが、特許文献 1 に開示されている。特許文献 1 に開示されたMRAMでは、書き込み電流が流される信号線に高飽和磁化ソフト磁性材料、又は金属-非金属ナノグラニューラ膜が接合されている。高飽和磁化ソフト磁性材料、及び金属-非金属ナノグラニューラ膜は、磁場を磁気抵抗素子に集中させる。このため、より小さな書き込み電流でデータの書き込みを行うことが可能になる。

## 【 0 0 0 7 】

書き込み電流を低減するための構造を有する他のMRAMが、特許文献 2 に開示されている。特許文献 2 に開示されたMRAMでは、書き込み電流が流される配線としてコイルが使用され、磁気抵抗素子は、該コイルの中に挿入されている。磁気抵抗素子に印加される磁場は、該コイルのターン数に比例するため、より小さな書き込み電流でデータの書き込みを行うことが可能になる。

## 【 0 0 0 8 】

書き込み電流を低減するための構造を有する更に他のMRAMが、米国特許公報である特許文献 3 と、その日本出願である特許文献 4 とに開示されている。特許文献 3 に開示されたMRAMでは、書き込み電流が流される導体の幅が、データ記憶層の幅よりも狭くされている。書き込み電流が流される導体の幅を小さくすることで、導体とデータ記憶層との間のミスアライメントが排除され、書き込



み電流によって生成される磁場の漏れが低減され、従って、より小さな書き込み電流でデータの書き込みを行うことが可能になる。

【 0 0 0 9 】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 2 - 1 1 0 9 3 8 号公報 (図 4)

【特許文献 2】

米国特許第 5, 7 4 2, 0 1 6 号公報

【特許文献 3】

米国特許第 6, 2 3 6, 5 9 0 号公報

【特許文献 4】

特開 2 0 0 2 - 1 1 8 2 3 9 号公報

【 0 0 1 0 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、MRAMメモリセルへのデータの書き込みを、より小さな書き込み電流で行うことを可能にするための他の技術を提供することにある。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

以下に、[発明の実施の形態]で使用される番号・符号を用いて、目的を達成するための手段を説明する。これらの番号・符号は、[特許請求の範囲]の記載と[発明の実施の形態]の記載との対応関係を明らかにするために付加されている。但し、付加された番号・符号は、[特許請求の範囲]に記載されている発明の技術的範囲の解釈に用いてはならない。

【 0 0 1 2 】

本発明によるMRAMメモリセルは、基板(1)と、基板(1)の主面(1a)側に設けられ、反転可能な自発磁化を有する自由強磁性層(9)と、基板(1)と実質的に平行な第1方向(y軸方向)に延設され、前記自発磁化の反転に使用される第1書き込み電流が流される第1配線(12)とを備えている。自由強磁性層(9)は、第1方向(y軸方向)に実質的に平行で、且つ、基板(1)に実質的に垂直な第1対称面(9c)に対して実質的に鏡面对称である。第1配線

(12) の第1中心線(12a)は、積極的に、第1対称面(9c)の上に位置しないように配置されている。

【0013】

第1書き込み電流が流される第1配線(12)は、中心線(12a)の近傍において最も大きな書き込み磁場を発生する。第1配線(12)の第1中心線(12a)を、自由強磁性層(9)の第1対称面(9c)からずらして配置することにより、最も大きな書き込み磁場が発生される位置である第1配線(12)の第1中心線(12a)が、自由強磁性層(9)の外縁部に近づく。第1中心線(12a)が、自由強磁性層(9)の外縁部に近づくとき、自由強磁性層(9)の外縁部のドメインを反転させるために必要な書き込み電流が小さくなる。自由強磁性層(9)の外縁部のドメインを反転させると、ドメインの反転が自由強磁性層(9)の外縁部から中心部に伝搬し、自由強磁性層(9)の自発磁化は完全に反転する。ゆえに、第1配線(12)の第1中心線(12a)を、自由強磁性層(9)の第1対称面(9c)からずらして配置することにより、自由強磁性層(9)の自発磁化を反転するのに必要な書き込み電流を小さくすることができる。

【0014】

第1配線(12)の第1中心線(12a)と第1対称面(9c)との距離を $d$ 、第1対称面(9c)に垂直な第2方向における自由強磁性層(9)の長さを $L$ とし、オフセット量 $p$ を

$$p = d / L,$$

で定義したとき、オフセット量 $p$ は、0.1以上0.5以下であることが好適である。このような条件を満足する配線(12)の配置は、自由強磁性層(9)の自発磁化を反転するのに必要な書き込み電流を小さくする。

【0015】

第1配線(12)は、基板(1)に垂直な方向からみたとき、第1対称面(9c)に垂直な第2方向(x軸方向)における自由強磁性層(9)の端から第2方向(x軸方向)にはみ出して自由強磁性層(9)に重ならない部分を有していることが好ましい。このような構造は、第1配線(12)の中心線(12a)を自由強磁性層(9)の外縁部に一層に近づけ、自由強磁性層(9)の自発磁化を反

転するのに必要な書き込み電流を一層に小さくする。

【 0 0 1 6 】

第 1 対称面 ( 9 c ) に垂直な第 2 方向 ( x 軸方向 ) における第 1 配線 ( 1 2 ) の幅 ( W ) は、自由強磁性層 ( 9 ) の第 2 方向 ( x 軸方向 ) における長さ ( L ) よりも狭いことが好ましい。このような構造は、第 1 配線 ( 1 2 ) が発生する磁場を、自由強磁性層 ( 9 ) の外縁部に集中させ、自由強磁性層 ( 9 ) の自発磁化を反転するのに必要な書き込み電流を一層に小さくする。

【 0 0 1 7 】

第 1 配線 ( 1 2 ) の幅 ( W ) は、自由強磁性層 ( 9 ) の長さ ( L ) の 0 . 3 倍以上 0 . 7 倍以下であることが好適である。

【 0 0 1 8 】

自由強磁性層 ( 9 ) の自発磁化の方向は、第 2 方向 ( x 軸方向 ) に平行であることがある。

【 0 0 1 9 】

当該 M R A M メモリセルは、第 1 配線 ( 1 2 ) に接合され、磁性体で形成された磁性体層 ( 1 3 ) を備えることが好適である。

【 0 0 2 0 】

当該 M R A M メモリセルが、更に、第 2 方向 ( x 軸方向 ) に延設され、前記自発磁化の反転に使用される第 2 書き込み電流が流される第 2 配線 ( 3 ) を備え、且つ、自由強磁性層 ( 9 ) が、第 2 方向 ( x 軸方向 ) に実質的に平行で、且つ、基板 ( 1 ) に実質的に垂直な第 2 対称面 ( 9 d ) に対して実質的に鏡面对称である場合、第 2 配線 ( 3 ) の第 2 中心線 ( 3 a ) は、積極的に、第 2 対称面 ( 9 d ) の上に位置しないように配置されていることが好適である。このような構造は、第 2 配線 ( 3 ) が発生する磁場を、自由強磁性層 ( 9 ) の外縁部に集中させ、自由強磁性層 ( 9 ) の自発磁化を反転するのに必要な書き込み電流を一層に小さくする。

【 0 0 2 1 】

本発明による M R A M メモリセルは、反転可能な自発磁化を有する自由強磁性層 ( 9 ) を含み、前記自発磁化の方向に応じて抵抗が変化する磁気抵抗素子 ( 6

）と、第 1 方向（y 軸方向）に延設され、磁気抵抗素子（6）に電氣的に接続される第 1 配線（1 5）と、第 1 方向（y 軸方向）に延設され、磁気抵抗素子（6）から電氣的に絶縁され、且つ、前記自発磁化を反転させる書き込み電流が流される第 2 配線（1 6）とを備えている。自由強磁性層（9）は、第 1 方向（y 軸方向）に実質的に平行で、且つ、基板（1）に実質的に垂直な第 1 対称面（9 c）に対して実質的に鏡面对称である。第 2 配線（1 6）の中心線（1 6 a）は、積極的に、第 1 対称面（9 c）の上に位置しないように配置されている。第 2 配線（1 6）の中心線（1 6 a）が積極的に、第 1 対称面（9 c）の上に位置しないように配置することにより、データの書き込みに必要な書き込み電流の大きさを小さくすることができる。更に、第 2 配線（1 6）の中心線（1 6 a）を第 1 対称面（9 c）からずらして配置することにより、磁気抵抗素子（6）の上方（又は下方）には、第 1 配線（1 5）を形成するための空間が生まれ、第 1 配線（1 5）と第 2 配線（1 6）とを一の配線層により形成することが可能になる。即ち、かかる配置により、第 1 配線（1 2）と第 2 配線（1 6）との両方を磁気抵抗素子（6）を被覆する一の層間絶縁膜（1 0）の上に形成することが可能になる。

#### 【 0 0 2 2 】

本発明による MRAM メモリセルは、基板（1）と、基板（1）の主面（1 a）側に設けられ、反転可能な自発磁化を有する自由強磁性層（9）と、基板（1）と実質的に平行な第 1 方向（y 軸方向）に延設され、自発磁化の反転に使用される第 1 書き込み電流が流される第 1 配線（1 2）とを備えている。自由強磁性層（9）は、第 1 方向（y 軸方向）に実質的に平行で、且つ、基板（1）に実質的に垂直な第 1 対称面（9 c）に対して実質的に鏡面对称である。第 1 書き込み電流が発生する磁場が最も強くなる位置は、積極的に、第 1 対称面（9 c）の上に位置しないように配置されている。このような構造は、最も大きな書き込み磁場が発生される位置を、自由強磁性層（9）の外縁部に近づけ、自由強磁性層（9）の自発磁化を反転するのに必要な書き込み電流を小さくする。

#### 【 0 0 2 3 】

本発明による自発磁化反転促進方法は、基板（1）の主面（1 a）に実質的に

垂直な第 1 対称面 (9 c) に対して実質的に鏡面对称であるように、反転可能な自発磁化を有する自由強磁性層 (9) を設けることと、

前記自発磁化の反転に使用される書き込み電流が流される配線 (1 2) を、前記基板 (1) と実質的に平行な第 1 方向 (y 軸方向) に延伸するように設けることと、

配線 (1 2) の中心線 (1 2 a) を、積極的に、第 1 対称面 (9 c) の上に位置しないように配置すること

とを備えている。当該自発磁化反転促進方法は、最も大きな書き込み磁場が発生される位置である配線 (1 2) の中心線 (1 2 a) を、自由強磁性層 (9) の外縁部に近づける。これにより、自由強磁性層 (9) の外縁部のドメインの反転に必要な書き込み電流の大きさは小さくなる。自由強磁性層 (9) の外縁部のドメインが反転すると、ドメインの反転は、自由強磁性層 (9) の中心部に伝搬するから、自由強磁性層 (9) の自発磁化が完全に反転する。ゆえに、配線 (1 2) の中心線 (1 2 a) を、自由強磁性層 (9) の外縁部に近づけることにより、自由強磁性層 (9) の自発磁化の反転に必要な電流の大きさを低減できる。

【 0 0 2 4 】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照しながら、本発明による磁気メモリ用メモリセルの実施の形態を説明する。

【 0 0 2 5 】

(実施の第 1 形態)

図 1 は、本発明による磁気メモリ用メモリセルの実施の第 1 形態を示す。実施の第 1 形態では、基板 1 の主面 1 a 側に層間絶縁膜 2 が形成されている。ワード線 3 が、層間絶縁膜 2 の上に形成されている。ワード線 3 は、基板 1 の主面 1 a に実質的に平行な x 軸方向に延伸するように設けられている。ワード線 3 は、層間絶縁膜 4 で被覆されている。層間絶縁膜 4 には、層間絶縁膜 4 を貫通してワード線 3 に到達する導電性のコンタクト 5 が形成されている。層間絶縁膜 4 の上には、磁気抵抗素子 6 が形成されている。

【 0 0 2 6 】

磁気抵抗素子 6 は、固定強磁性層 7 とトンネル絶縁層 8 と自由強磁性層 9 とを含む。固定強磁性層 7 は、コンタクト 5 を介してワード線 3 に電氣的に接続されている。固定強磁性層 7 は、x 軸方向に固定された自発磁化を有し、自由強磁性層 9 は、x 軸方向に平行に自在に反転可能な自発磁化を有している。自由強磁性層 9 の自発磁化は、固定強磁性層 7 の自発磁化と同一の向きを向く”平行”状態と、逆の向きを向く”反平行”状態とをとることを許されている。実施の第 1 形態のメモリセルは、自由強磁性層 9 の自発磁化の向きとしてデータを記憶する。トンネル絶縁層 8 は、アルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) のような絶縁体で形成され、トンネル絶縁層 8 の厚さは、厚さ方向にトンネル電流が流れる程度に薄い。トンネル絶縁層 8 の厚さ方向の抵抗 (即ち、磁気抵抗素子 6 の抵抗) は、自由強磁性層 9 の自発磁化の向きに応じて変化し、磁気抵抗素子 6 の抵抗の変化によって、磁気抵抗素子 6 に記憶されているデータは判別可能である。

## 【 0 0 2 7 】

図 2 に示されているように、磁気抵抗素子 6 の自由強磁性層 9 は、基板 1 の主面 1 a に垂直な方向からみたとき、実質的に楕円形を有している。楕円形を有する自由強磁性層 9 は、x 軸方向に長軸 9 a を有し、基板 1 の主面 1 a に実質的に平行で、且つ、x 軸方向に実質的に垂直な y 軸方向に短軸 9 b を有する。自由強磁性層 9 の自発磁化は、長軸 9 a に平行な方向を向いている。このような形状を有する自由強磁性層 9 は、基板 1 の主面 1 a に垂直で、且つ、短軸 9 b がその上にある対称面 9 c に対して実質的に鏡面对称である。「実質的に」とは、製造バラツキなどによって発生する微細な非対称性は考慮しないということを意味している。

## 【 0 0 2 8 】

図 1 に示されているように、磁気抵抗素子 6 は、層間絶縁膜 1 0 によって被覆されている。層間絶縁膜 1 0 には、自由強磁性層 9 に到達する導電性のコンタクト 1 1 が形成されている。層間絶縁膜 1 0 の上には、ビット線 1 2 が形成されている。ビット線 1 2 は、y 軸方向に延設されている。

## 【 0 0 2 9 】

図 2 に示されているように、ビット線 1 2 の中心線 1 2 a は、自由強磁性層 9

の対称面 9 c から x 軸方向にずれて配置されている。更にビット線 1 2 は、基板 1 の主面 1 a に垂直な方向からみたとき、自由強磁性層 9 の長軸 9 a の一端から x 軸方向にはみ出し、自由強磁性層 9 に重ならない部分を有している。更に、x 軸方向のビット線 1 2 の幅 W は、自由強磁性層 9 の長軸 9 a の長さ（即ち、x 軸方向における自由強磁性層 9 の長さ）よりも狭い。

## 【 0 0 3 0 】

当該メモリセルに対してデータの書き込みが行われる場合、ワード線 3 には、x 軸方向に書き込み電流が流され、ビット線 1 2 には、書き込まれるべきデータに応じて y 軸方向に書き込み電流が流される。ワード線 3 に流された書き込み電流は、自由強磁性層 9 に y 軸方向に磁場を印加する。y 軸方向に磁場が印加されることにより、自由強磁性層 9 の抗磁場は小さくなり、自由強磁性層 9 の反転が容易化される。この状態でビット線 1 2 に書き込み電流が流されると、該書き込み電流は、x 軸方向に磁場を発生し、自由強磁性層 9 の自発磁化を、書き込まれるべきデータに応じた方向に反転する。

## 【 0 0 3 1 】

上述されたビット線 1 2 の配置は、より小さな書き込み電流で、データの書き込みを行うことを可能にする。図 3 及び図 4 は、書き込み電流の抑制の効果を示している。図 3 は、データを書き込むためにビット線 1 2 に流すことが要求される書き込み電流の大きさの、ビット線 1 2 の中心線 1 2 a と自由強磁性層 9 の対称面 9 c とのオフセット量 p に対する依存性を示している。オフセット量 p は、ビット線 1 2 の中心線 1 2 a と、対称面 9 c との距離を d として、

$$p = d / L,$$

と定義されている。p = 0 は、ビット線 1 2 の中心線 1 2 a と、自由強磁性層 9 の対称面 9 c とが重なっている場合であり、相対位置 p が大きいほど、ビット線 1 2 の中心線 1 2 a は、自由強磁性層 9 の対称面 9 c から大きくオフセットしている。図 3 のグラフは、ビット線 1 2 の幅 W は、自由強磁性層 9 の長さ L の半分であるという条件で行われたシミュレーションによって得られている。

## 【 0 0 3 2 】

図 3 に示されているように、ビット線 1 2 の中心線 1 2 a が自由強磁性層 9 の

対称面 9 c に位置的に整合する（即ち、 $p$  が 0 である）よりも、ビット線 1 2 の中心線 1 2 a が自由強磁性層 9 の対称面 9 c からオフセットしている方が、より小さい書き込み電流でデータを書き込むことが可能である。オフセット量  $p$  が 0 . 3 7 5 の近傍であるとき、必要な書き込み電流の大きさは最小になる。この理由は、以下のように推定される。

## 【 0 0 3 3 】

自由強磁性層 9 に含まれるドメインには、隣接するドメインの磁化方向を揃えようとする交換相互作用が働いている。この交換相互作用に起因して、自由強磁性層 9 の自発磁化の反転は、自由強磁性層 9 の外縁部のドメインから開始され、その後中心部のドメインに伝搬する振る舞いを示す。自由強磁性層 9 の中心部のドメインは、その周囲に存在する全てのドメインから交換相互作用を受け、その反転を妨げられる。一方、自由強磁性層 9 の外縁部のドメインは、ドメインに隣接していない領域を有しているため、周囲のドメインから受ける交換相互作用が小さく、比較的小さな磁場によって反転する。外縁部のドメインが反転すると、そのドメインに隣接するドメインの反転も容易化されて反転する。このように、ドメインの反転は自由強磁性層 9 の外縁部から開始され、中心部に伝搬する。

## 【 0 0 3 4 】

ビット線 1 2 の中心線 1 2 a を自由強磁性層 9 の対称面 9 c からオフセットさせることにより、ビット線 1 2 が発生する磁場が最大となる位置は、自由強磁性層 9 の外縁部に近づき、より小さな書き込み電流で自由強磁性層 9 の外縁部にあるドメインの反転を発生させることが可能になる。自由強磁性層 9 の外縁部にあるドメインを反転させれば、ドメインの反転は外縁部から中心部に伝搬し、自由強磁性層 9 の自発磁化が完全に反転する。ゆえに、ビット線 1 2 の中心線 1 2 a を自由強磁性層 9 の対称面 9 c からオフセットさせ、ビット線 1 2 の中心線 1 2 a を自由強磁性層 9 の外縁部に近づけることにより、自由強磁性層 9 の自発磁化をより少ない書き込み電流で反転することができる。

## 【 0 0 3 5 】

但し、オフセット量  $p$  があまりにも大きくなると、自由強磁性層 9 に鎖交する磁場が小さくなり、逆に書き込み電流が増大する。このため、オフセット量  $p$  は



， 0. 1 以上 0. 5 以下であることが好ましい。

【 0 0 3 6 】

基板 1 の主面 1 a に垂直な方向からみたときに自由強磁性層 9 の長軸 9 a の一端から x 軸方向にはみ出し、自由強磁性層 9 に重ならない部分を有するようなビット線 1 2 の配置は、一層に少ない書き込み電流で自由強磁性層 9 の自発磁化を反転可能にする点で好適である。ビット線 1 2 が自由強磁性層 9 に対して x 軸方向にはみ出すビット線 1 2 の配置は、ビット線 1 2 が発生する磁場が最大となる位置を、一層に自由強磁性層 9 の外縁部に近づける。従って、自由強磁性層 9 の外縁部のドメインの反転に必要な書き込み電流が小さくなり、結果として自由強磁性層 9 の自発磁化の反転に必要な書き込み電流の大きさも小さくなる。

【 0 0 3 7 】

従来の技術に記載された特許文献 3（米国特許第 6， 2 3 6， 5 9 0 号公報）及び特許文献 4（特開 2 0 0 2 - 1 1 8 2 3 9 号公報）には、データの書き込み電流が流される配線と、データ記憶層（本実施の形態の自由強磁性層 9 に相当）との間のミスアラインメントは、磁場の漏れを発生させ、書き込み電流を増大させると開示されている。しかし、この考察は、強磁性体の自発磁化の反転のメカニズムの詳細な検討を欠いており、該考察は誤りである。

【 0 0 3 8 】

x 軸方向におけるビット線 1 2 の幅 W が、x 軸方向における自由強磁性層 9 の長さ L よりも狭いことは、一層に少ない書き込み電流で自由強磁性層 9 の自発磁化を反転可能にする点で好適である。図 4 は、データを書き込むためにビット線 1 2 に流すことが要求される書き込み電流の大きさの、 $W/L$  に対する依存性を示している。図 4 の曲線 A に示されているように、ビット線 1 2 の中心線 1 2 a が自由強磁性層 9 の短軸 9 b に対してオフセットしていない場合には、ビット線 1 2 の幅 W が狭くなることによる書き込み電流の減少の効果は大きくない。一方、図 4 の曲線 B に示されているように、ビット線 1 2 の中心線 1 2 a が自由強磁性層 9 の対称面 9 c に対してオフセットしている場合には、ビット線 1 2 の幅 W が減少すると、書き込み電流を顕著に減少することが可能である。

【 0 0 3 9 】

この効果は、ビット線 1 2 の幅  $W$  が狭くなると、ビット線 1 2 が発生する磁場が自由強磁性層 9 の外縁部のドメインに集中することに起因すると考えられる。ビット線 1 2 が発生する磁場が自由強磁性層 9 の外縁部のドメインに集中することにより、自由強磁性層 9 の外縁部のドメインの反転に必要な書き込み電流が小さくなる。その結果、自由強磁性層 9 の自発磁化の反転に必要な書き込み電流の大きさも小さくなると考えられる。

## 【 0 0 4 0 】

但し、ビット線 1 2 の幅  $W$  があまりにも小さいことは、エレクトロマイグレーションに対する耐性を劣化させるため好ましくない。このような観点から、ビット線 1 2 の幅  $W$  は、自由強磁性層 9 の長さ  $L$  の 0.3 倍以上、0.7 倍以下であることが好適である。

## 【 0 0 4 1 】

以上に説明されているように、本実施の形態の MRAM メモリセルでは、ビット線 1 2 の中心線 1 2 a は、自由強磁性層 9 の対称面 9 c に対して  $x$  軸方向にずれて配置されている。更に、ビット線 1 2 は、自由強磁性層 9 の長軸 9 a の一端から  $x$  軸方向にはみ出し、自由強磁性層 9 に重ならない部分を有している。更に、 $x$  軸方向のビット線 1 2 の幅  $W$  は、自由強磁性層 9 の長軸 9 a の長さ（即ち、 $x$  軸方向における自由強磁性層 9 の長さ）よりも狭い。このようなビット線 1 2 の配置により、データの書き込みの時にビット線 1 2 に流すことが必要な書き込み電流の大きさが抑制されている。

## 【 0 0 4 2 】

本実施の形態において、ビット線 1 2 と同様の手法を採用することにより、ワード線 3 の書き込み電流の抑制が可能である。図 5 に示されているように、自由強磁性層 9 は、基板 1 の主面 1 a に垂直で、且つ、長軸 9 a がその上にある対称面 9 d に対して実質的に鏡面对称であるが、ワード線 3 の中心線 3 a を、自由強磁性層 9 の対称面 9 d から  $y$  軸方向にオフセットして配置することにより、ワード線 3 の書き込み電流を抑制することが可能である。このようなワード線 3 の配置は、上述のビット線 1 2 による書き込み電流の抑制と同様のメカニズムにより、データの書き込みの時にワード線 3 に流すことが必要な書き込み電流の大きさ

を小さくする。このとき、ワード線 3 が、自由強磁性層 9 の短軸 9 b の一端から y 軸方向にはみ出し、自由強磁性層 9 に重ならない部分を有していることは、データの書き込みのためにワード線 3 に流すことが必要な書き込み電流の大きさを一層に小さくする点で好適である。更に、y 軸方向のワード線 3 の幅  $W'$  が、自由強磁性層 9 の短軸 9 b の長さ（即ち、y 軸方向における自由強磁性層 9 の幅） $L'$  よりも狭いことは、データの書き込みのためにワード線 3 に流すことが必要な書き込み電流の大きさを一層に小さくする点で好適である。

## 【 0 0 4 3 】

更に図 6 に示されているように、ビット線 1 2 の上面及び側面に透磁率が高い磁性体層 1 3 が形成されることが好適である。磁性体層 1 3 は、典型的には、パーマロイで形成される。このような構造は、ビット線 1 2 によって発生される磁場を自由強磁性層 9 に集中し、データの書き込みの時にワード線 3 に流すことが必要な書き込み電流の大きさを一層に小さくする。

## 【 0 0 4 4 】

（実施の第 2 形態）

図 7 は、本発明による MRAM メモリセルの実施の第 2 形態を示す。実施の第 2 形態では、データの読み出しに使用される読み出しビット線 1 5 とは別に、データの書き込みに使用される書き込みビット線 1 6 がメモリセルに設けられる。読み出しビット線 1 5 と書き込みビット線 1 6 とは、いずれも、層間絶縁膜 1 0 の上に形成される。読み出しビット線 1 5 は、層間絶縁膜 1 0 を貫通して自由強磁性層 9 に到達するコンタクト 1 4 によって、磁気抵抗素子 6 の自由強磁性層 9 に電氣的に接続されている。書き込みビット線 1 6 は、磁気抵抗素子 6 から電氣的に絶縁されている。

## 【 0 0 4 5 】

更に、実施の第 2 形態では、コンタクト 5 が除去され、ワード線 3 と固定強磁性層 7 とは、電氣的に絶縁される。固定強磁性層 7 は、x 軸方向に延設され、固定強磁性層 7 が読み出しワード線に兼用される。ワード線 3 は、データの書き込みに専用に使用される。

## 【 0 0 4 6 】

当該メモリセルからデータが読み出される場合、読み出しワード線として使用される固定強磁性層 7 と、読み出しビット線 1 5 との間に所定の電圧が印加される。磁気抵抗素子 6 の抵抗値は、自由強磁性層 9 の自発磁化の向き、即ち、当該メモリセルに記憶されているデータに応じて変化するから、磁気抵抗素子 6 を流れる電流は、当該メモリセルに記憶されているデータに応じて変化する。磁気抵抗素子 6 を流れる電流から、当該メモリセルに記憶されているデータが判別される。

## 【 0 0 4 7 】

当該メモリセルに対してデータの書き込みが行われる場合、ワード線 3 には、x 軸方向に書き込み電流が流され、書き込みビット線 1 6 には、書き込まれるべきデータに応じて y 軸方向に書き込み電流が流される。ワード線 3 に流された書き込み電流は、自由強磁性層 9 に y 軸方向に磁場を印加する。y 軸方向に磁場が印加されることにより、自由強磁性層 9 の抗磁場は小さくなり、自由強磁性層 9 の反転が容易化される。書き込みビット線 1 6 に流される書き込み電流は、x 軸方向に磁場を発生し、自由強磁性層 9 の自発磁化を、書き込まれるべきデータに応じた方向に反転する。

## 【 0 0 4 8 】

書き込みビット線 1 6 が読み出しビット線 1 5 と電氣的に絶縁されて設けられ、ワード線 3 が読み出しワード線として機能する固定強磁性層 7 と電氣的に絶縁されて設けられていることは、データの読み出しと書き込みとを同時的に行うことが可能である点で好適である。更に、かかる構成は、読み出しビット線 1 5 を選択するセクタ（図示されない）と書き込みビット線 1 6 を選択するセクタとを別に設けることが可能であり、書き込みワード線を選択するセクタと、読み出しワード線を選択するセクタとを別に設けることができ、これらのセクタに含まれる回路を簡略化できる点でも好適である。

## 【 0 0 4 9 】

実施の第 1 形態のビット線 1 2 と同様に、書き込みビット線 1 6 の中心線 1 6 a は、自由強磁性層 9 の対称面 9 c に対して x 軸方向にオフセットして配置されている。書き込みビット線 1 6 は、基板 1 の主面 1 a に垂直な方向からみたとき

、自由強磁性層 9 の長軸 9 a の一端から x 軸方向にはみ出し、自由強磁性層 9 に重ならない部分を有している。更に、x 軸方向の書き込みビット線 1 6 の幅 W は、自由強磁性層 9 の長軸 9 a の長さ（即ち、x 軸方向における自由実施の第 1 形態のビット線 1 2 と同様に、強磁性層 9 の長さ）よりも狭い。このような書き込みビット線 1 6 の配置は、実施の第 1 形態のビット線 1 1 と同様に、一層に少ない書き込み電流でデータの書き込みを行うことを可能にする。

#### 【0050】

書き込みビット線 1 6 の中心線 1 6 a が、自由強磁性層 9 の対称面 9 c に対して x 軸方向にオフセットして配置されていることは、読み出しビット線 1 5 と書き込みビット線 1 6 との両方を層間絶縁膜 1 0 の上に形成する、即ち、一の配線層によって読み出しビット線 1 5 と書き込みビット線 1 6 とを形成可能にする点で好適である。書き込みビット線 1 6 の中心線 1 6 a が、自由強磁性層 9 の対称面 9 c に対して x 軸方向にオフセットして配置されていることにより、層間絶縁膜 1 0 の上には、磁気抵抗素子 6 の上方に書き込みビット線 1 5 を配置する空間が生まれる。この空間に書き込みビット線 1 5 を配置することにより、読み出しビット線 1 5 と書き込みビット線 1 6 とは、一の配線層によって形成可能である。読み出しビット線 1 5 と書き込みビット線 1 6 とが、一の配線層によって形成されることは、工数の削減の点で好ましい。

#### 【0051】

#### 【発明の効果】

本発明により、MRAM メモリセルへのデータの書き込みを、より小さな書き込み電流で行うことを可能にする技術が提供される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【図 1】

図 1 は、本発明による MRAM メモリセルの実施の第 1 形態を示す断面図である。

#### 【図 2】

図 2 は、本発明による MRAM メモリセルの実施の第 1 形態を示す平面図である。

【図 3】

図 3 は、ビット線 1 2 に流す必要がある書き込み電流の大きさの、オフセット量  $p$  に対する依存性を示している。

【図 4】

図 4 は、ビット線 1 2 に流す必要がある書き込み電流の大きさの、ビット線 1 2 の幅  $W$  に対する依存性を示している。

【図 5】

図 5 は、本発明による MRAM メモリセルの実施の第 1 形態の変形例を示す平面図である。

【図 6】

図 6 は、本発明による MRAM メモリセルの実施の第 1 形態の他の変形例を示す断面図である。

【図 7】

図 7 は、本発明による MRAM メモリセルの実施の第 2 形態を示す断面図である。

【図 8】

図 8 は、本発明による MRAM メモリセルの実施の第 2 形態を示す平面図である。

【図 9】

図 9 は、従来の MRAM を示す。

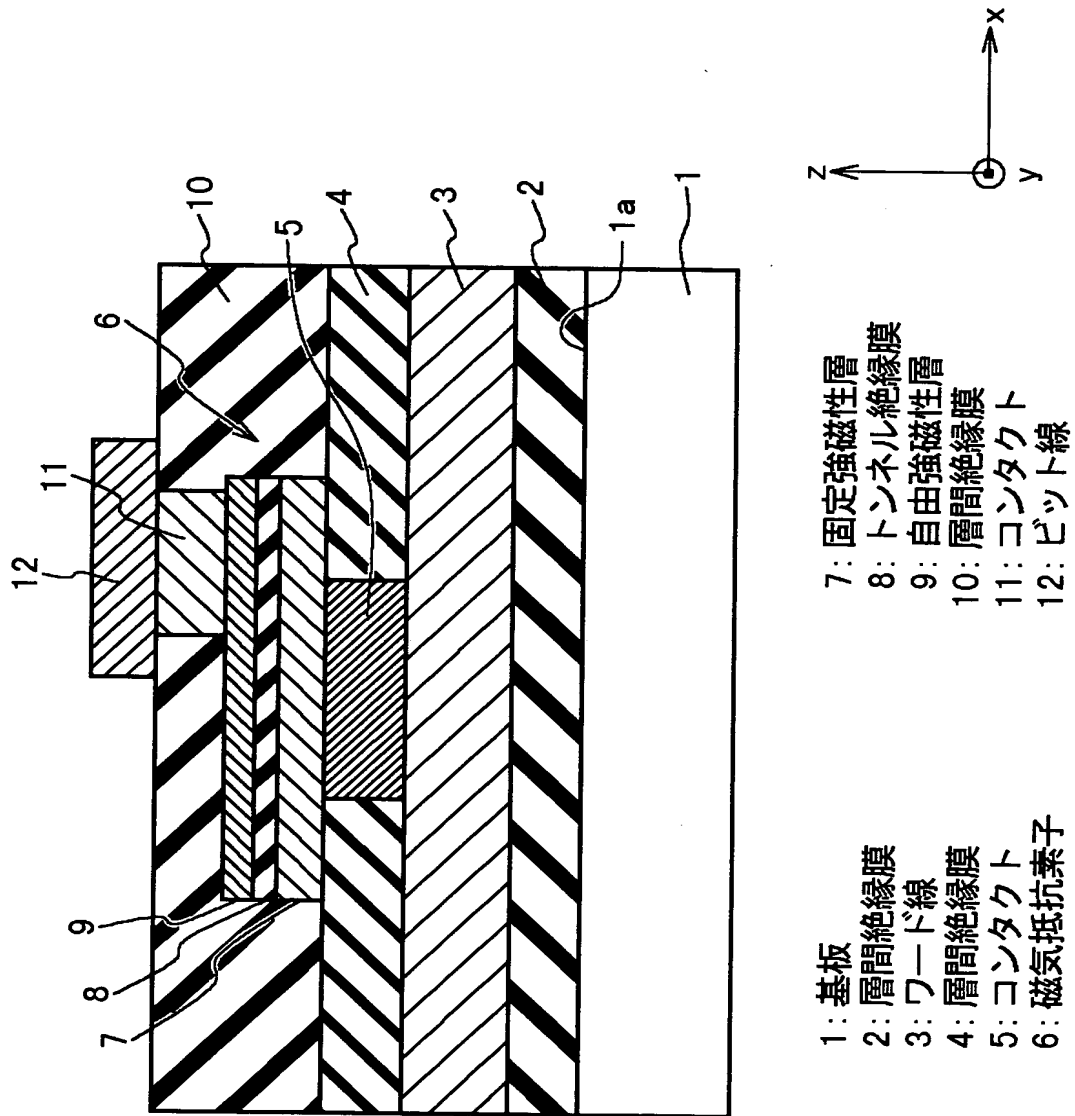
【符号の説明】

- 1 : 基板
- 2 : 層間絶縁膜
- 3 : ワード線
- 4 : 層間絶縁膜
- 5 : コンタクト
- 6 : 磁気抵抗素子
- 7 : 固定強磁性層
- 8 : トンネル絶縁層

- 9 : 自由強磁性層
- 1 0 : 層間絶縁膜
- 1 1 : コンタクト
- 1 2 : ビット線
- 1 3 : 磁性体層
- 1 4 : コンタクト
- 1 5 : 読み出しビット線
- 1 6 : 書き込みビット線

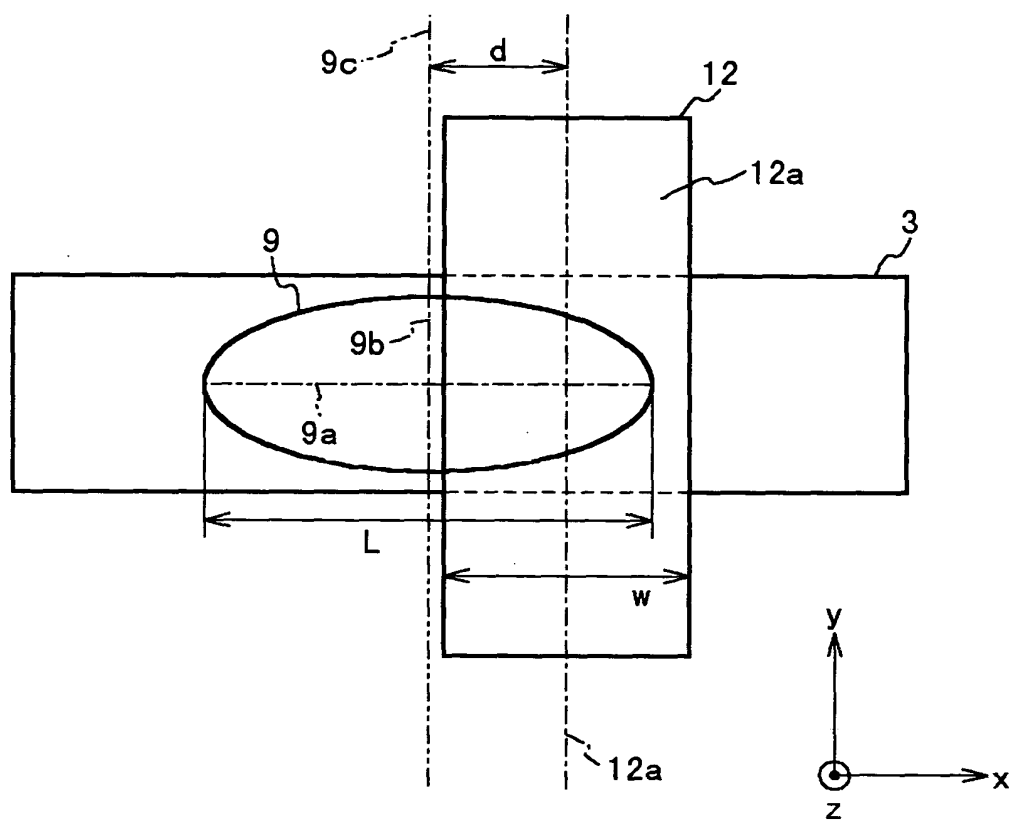
【書類名】 図面

【図 1】

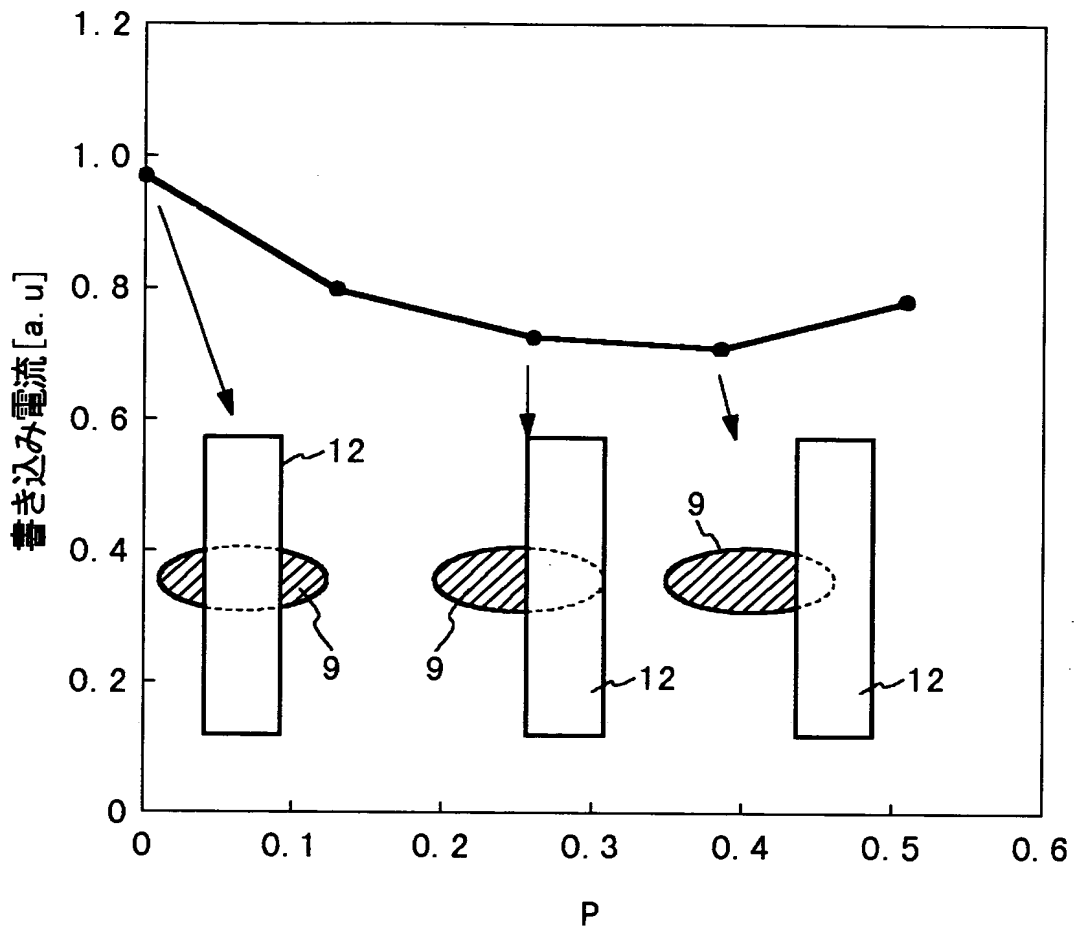




【図2】



【図3】

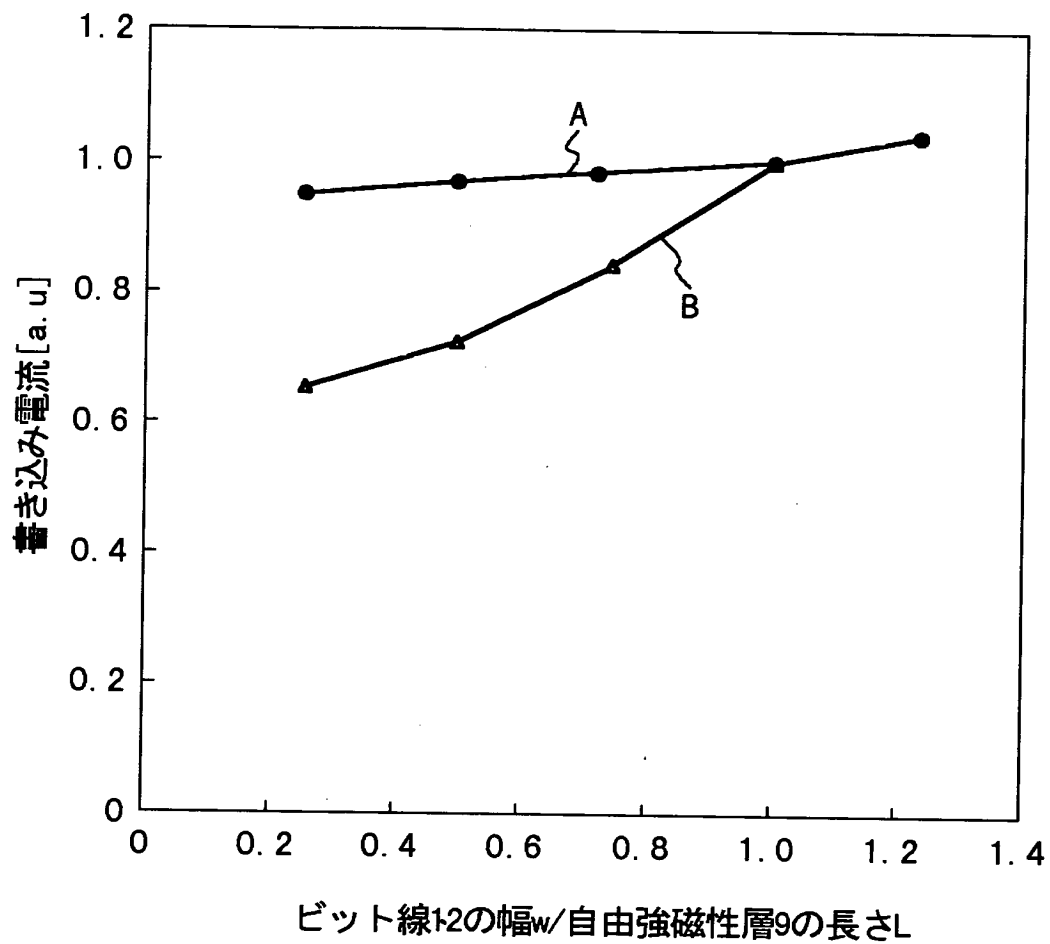


$$P = \frac{d}{L}$$

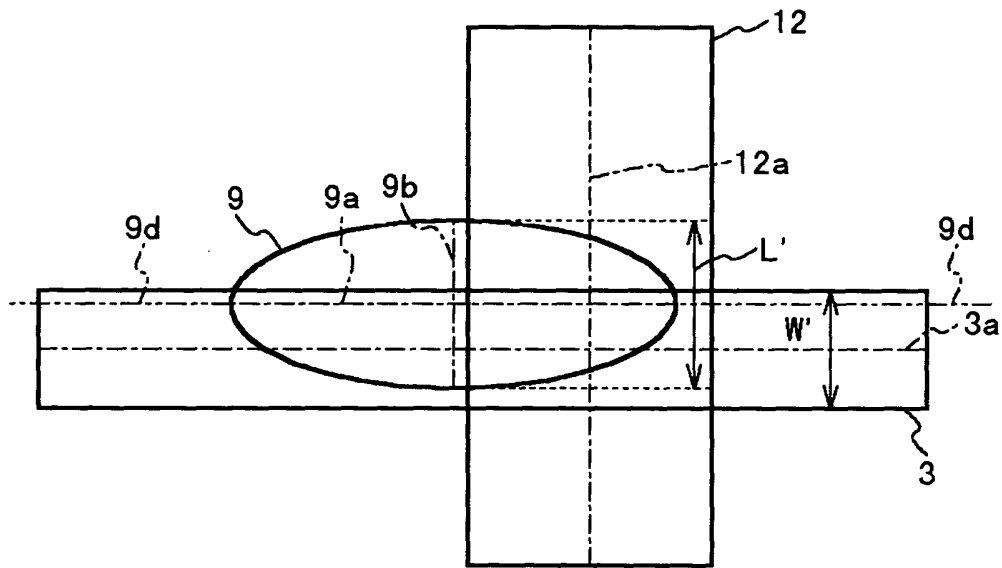
d: ビット線12の中心線12aと  
自由強磁性層9の短軸9bとの距離

L: 自由強磁性層9のx軸の方向の長さ

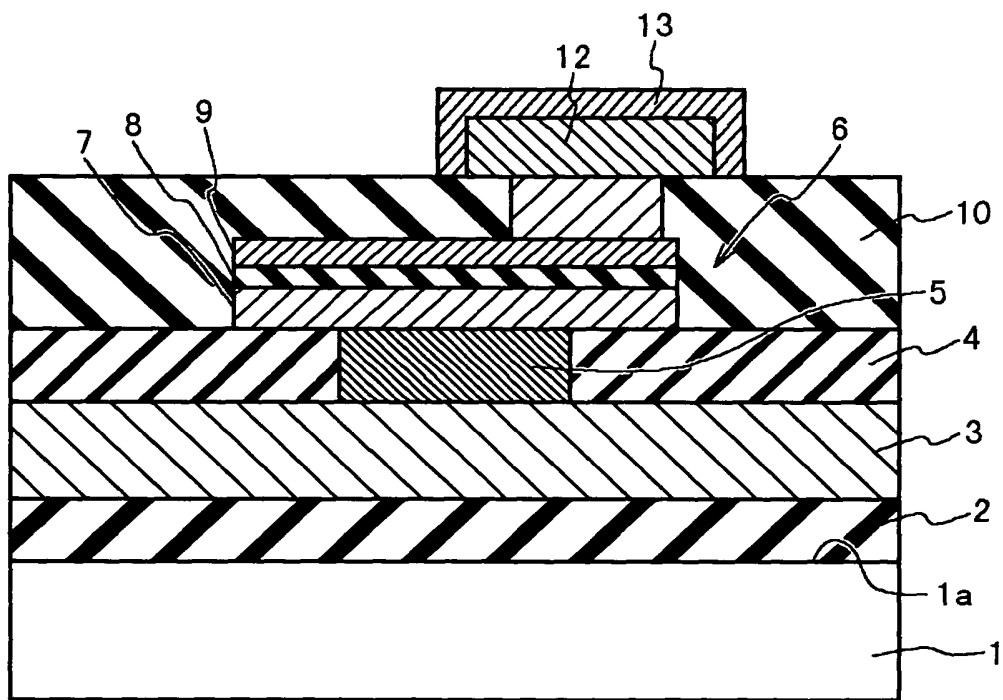
【図 4】



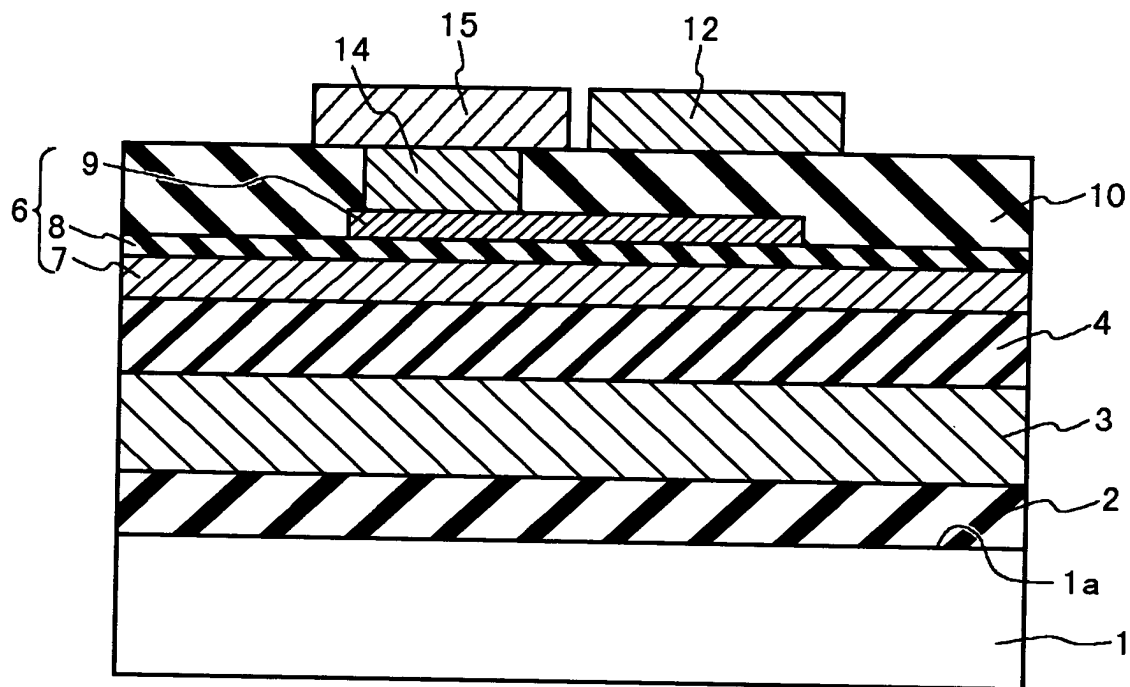
【図 5】



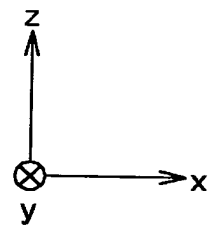
【図 6】



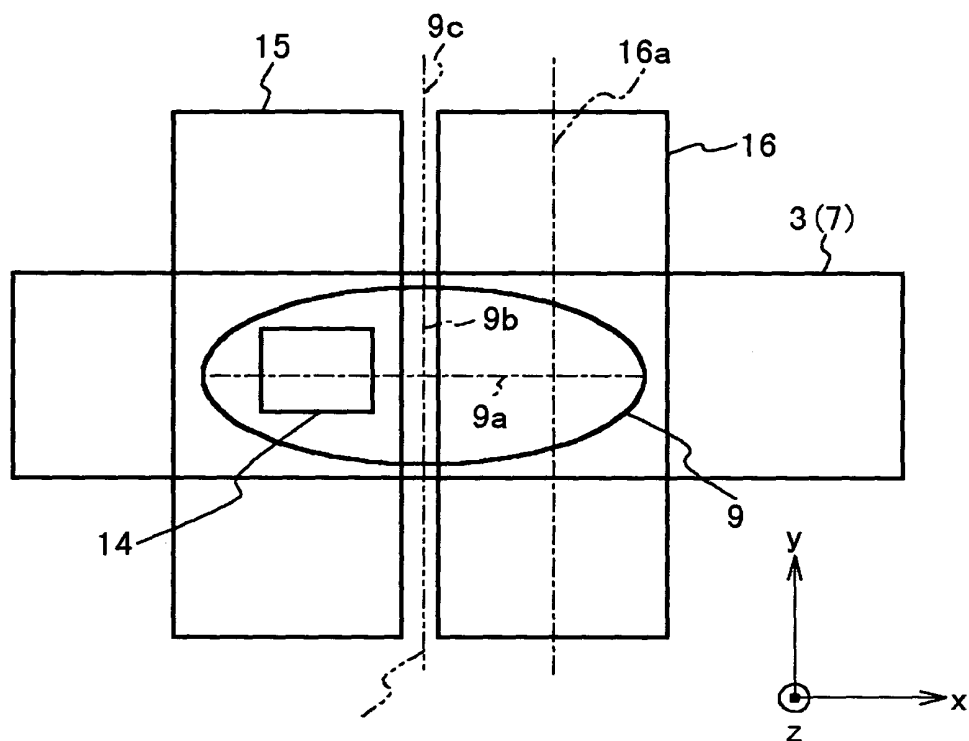
【図 7】



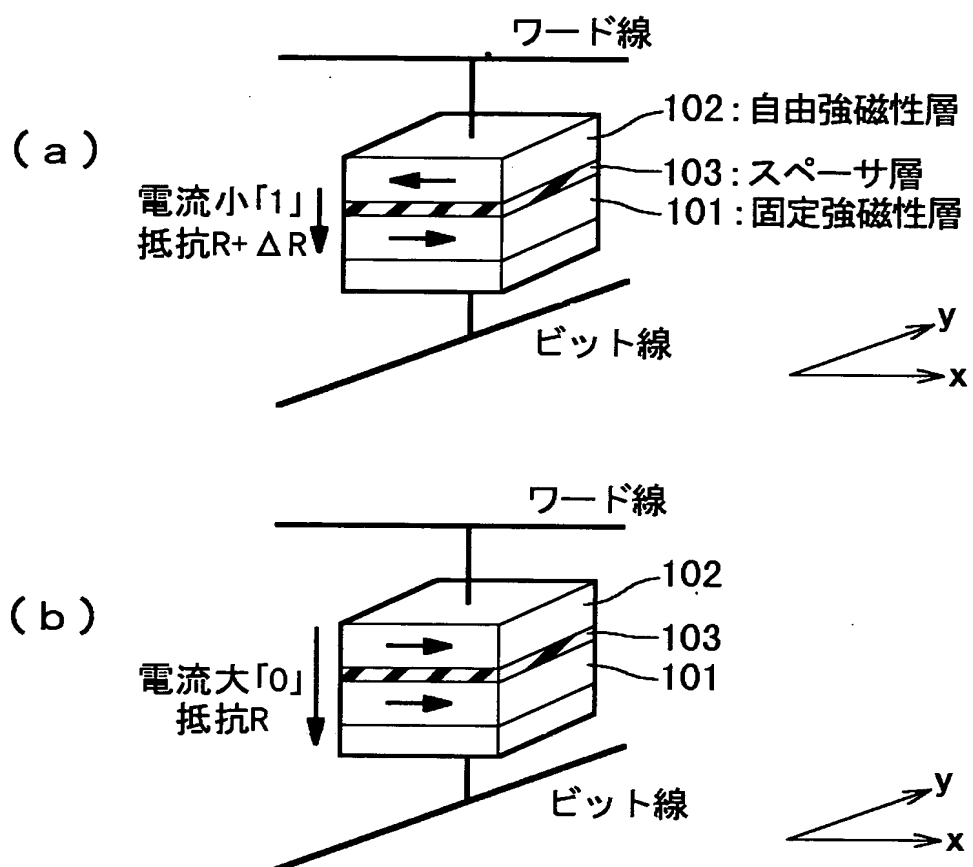
14: コンタクト  
15: 読み出しビット線  
16: 書き込みビット線



【図 8】



【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 M R A Mメモリセルへのデータの書き込みを、より小さな書き込み電流で行うことを可能にする技術を提供する。

【解決手段】 本発明によるM R A Mメモリセルは、基板（１）と、基板（１）の主面（１ a）の側に設けられ、反転可能な自発磁化を有する自由強磁性層（９）と、基板（１）と実質的に平行な第１方向（y軸方向）に延設され、前記自発磁化の反転に使用される第１書き込み電流が流される第１配線（１ ２）とを備えている。自由強磁性層（９）は、第１方向（y軸方向）に実質的に平行で、且つ、基板（１）に実質的に垂直な第１対称面（９ c）に対して鏡面对称である。第１配線（１ ２）の第１中心線（１ ２ a）は、積極的に、第１対称面（９ c）の上に位置しないように配置されている。

【選択図】 図 2



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 4 2 3 7 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目 7 番 1 号
氏 名	日本電気株式会社